

ODBORNÝ KURZ VAKUOVÁ TECHNIKA

16. až 20. června 2025

NÁPLŇ KURZU

Kurz je koncipován všeobecně, aby vyhovoval pracovníkům z různých průmyslových odvětví. Základní teoretická část kurzu proběhne ve čtyřech dnech, 16. až 19. června 2025. Semináře probíhají po skončení přednášek v odpoledních hodinách, pro praktická cvičení je plánován pátek 20. června 2025. Pro velký zájem účastníků je ale nutno prakticky vždy měřit i ve dnech 17. až 19. června 2025 v odpoledních hodinách.

OSNOVA TEORETICKÉ ČÁSTI

A. Fyzikální základy vakuové techniky (rozsah 3 hodiny)

1. Základní zákonitosti plynného stavu hmoty
Plyn, pára, ideální plyn, základní zákony, stavová rovnice plynu
2. Kinetická teorie plynu
Rychlostní rozdělení molekul, kinetický výklad tlaku, střední volná dráha molekul a její význam
3. Transportní jevy
Difúze, tepelná vodivost plynu, viskozita plynu, tepelná transpirace
4. Proudění plynu
Základní pojmy, druhy proudění, vzorce pro výpočet vodivosti
5. Procesy probíhající na stěnách vakuových systémů
Interakce molekuly se stěnou systému, sorpce a desorpce, tlak par, vypařování, kapilární kondenzace
6. Procesy probíhající uvnitř stěn vakuových systémů
Proudění a pohlcování plynu porézními látkami, pronikání plynu kompaktními látkami

B. Získávání vakua (rozsah 7 hodin)

1. Teorie čerpacího procesu
Průběh čerpání v čase, fáze čerpání, vliv potrubí na čerpací proces, vliv netěsnosti na čerpací proces
2. Rozdělení a parametry vývěv
Rozdělení vývěv podle principu, parametry vývěv
3. Transportní vývěvy pro generaci hrubého a jemného vakua
Vývěvy rotační, membránové, pístové, šroubové, šnekové, zubové, vývěvy roots a multiroots
4. Transportní vývěvy pro generaci vysokého a velmi vysokého vakua
Difúzní vývěvy, vývěvy molekulární a turbomolekulární
5. Vývěvy založené na vazbě plynu
Vývěvy kryogenní a kryosorpční, vývěvy iontové, vývěvy getrovací

C. Měření ve vakuové technice (rozsah 6 hodin)

1. Úvod
Veličiny a jejich jednotky, obory vakua, rozdělení a parametry vakuometrů
2. Měření celkových tlaků
Vakuometry mechanické, tepelné, viskózní, ionizační
3. Měření parciálních tlaků
Principy hmotnostních spektrometrů, měření hmotnostními spektrometry, vyhodnocení spektra
4. Měření proudu plynu, měření čerpacích rychlostí vývěv
*Principy měření proudu plynu, jednotky, hmotnostní regulátor průtoku
Metody měření čerpacích rychlostí vývěv*
5. Kalibrace vakuometrů
Fyzikální a technické základy pro kalibrace, praktická uspořádání, národní metrologický systém
6. Hledání netěsností ve vakuových aparaturách
Přehled metod hledání netěsností, princip héliového hledače netěsností, pracovní postupy

D. Materiály pro vakuovou techniku (rozsah 3 hodiny)

1. Požadavky kladené na materiály pro použití ve vakuu
2. Přehled materiálů a jejich použití ve vakuové technice

E. Vakuové aparatury (rozsah 5 hodin)

1. Stavební prvky vakuových aparatur
Vakuové komory, potrubí, nerozebíratelné a rozebíratelné spoje, ventily, průchodky, normy pro vakuovou techniku
2. Vakuové aparatury pro hrubé a jemné vakuum
Součinnost vývěv, typické aplikace, čerpání agresivních a kondenzujících plynů
3. Vakuové aparatury pro vysoké vakuum
Nejběžnější koncepce vysokovakuových aparatur, jejich provoz, typické aplikace
4. Ultravakuové aparatury
Koncepce UHV aparatur, jejich provoz, typické aplikace
5. Čistící postupy, vakuová hygiena

S. SEMINÁŘE

Semináře jsou volitelné bloky (nad rámec základního programu) v rozsahu 2 hodin.

1. Základy technologie tenkých vrstev
Vlastnosti tenkých vrstev a jejich měření, metody depozice tenkých vrstev - vakuové napařování a naprašování
2. Jednoduché výpočty ve vakuové technice
Určení potřebného tlaku (střední volné dráhy) pro daný proces ve vakuu, návrh primární vývěvy pro daný typ sekundární vývěvy, návrh vývěvy pro danou velikost pracovní komory, a jiné (po dohodě s lektorem)
3. Měření v podmínkách platné legislativy a jakostních norem
Přehled platné legislativy a norem, základní požadavky na management měření (jak prokázat správnost měření při auditu)

P. VAKUOVÉ PRAKTIKUM

Účastníci si mohou vybrat libovolný počet z níže uvedených úloh, které budou instalovány ve školní laboratoři. Pracovat se bude v malých skupinkách (2 až 4 lidi) a u každé úlohy bude trvale přítomen lektor.

Úloha č. 1: Zkouška těsnosti aparatury (pressure rise test)

Měření vzrůstu tlaku po oddělení komory od čerpacího systému, výpočet velikosti netěsnosti

Úloha č. 2: Měření čerpací rychlosti vývěvy metodou stálého objemu

Měření závislosti čerpací rychlosti rotační vývěvy na tlaku, porovnání změřených hodnot s nominální čerpací rychlostí vývěvy.

Úloha č. 3: Měření čerpací rychlosti vývěvy metodou stálého tlaku

Měření závislosti čerpací rychlosti turbomolekulární vývěvy na tlaku

Úloha č. 4: Kalibrace vakuometrů

Kalibrace vakuometru metodou přímého porovnání s referenčním vakuometrem s dynamickým a/nebo statickým nastavením tlaku v kalibrační komoře.

Úloha č. 5: Práce s kvadrupólovým hmotnostním spektrometrem

Úloha č. 6: Hledání netěsností ve vakuových aparaturách – obsluha héliového hledače netěsností

PŘEDNÁŠEJÍCÍ

Tým školitelů je složen z uznávaných odborníků z vysokých škol i z praxe. Účast přislíbili

Ing. Karel Bok, Rožnov pod Radhoštěm

RNDr. Tomáš Gronych, CSc., Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova Praha

RNDr. Martin Jeřáb, Ph.D., Ústav fyziky plazmatu Akademie věd České republiky

Ing. Jiří Kubán, Vakuum servis s.r.o., Rožnov pod Radhoštěm

Doc. Mgr. Pavel Slaviček, Ph.D., Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity Brno

Mgr. Martin Vičar, Ph.D., Český metrologický institut Brno

Ing. Martin Zejda, Vakuum servis s.r.o., Rožnov pod Radhoštěm